

# **Antavatko pesimä- ja muutonaikaiset linnustonseurannat samansuuntaisia tuloksia lajien kannankehityksistä?**



**Samuli Haapalainen**

**Helsingin yliopisto**

**Biotieteiden laitos**

**Ekologia ja evoluutiobiologia**

**Helmikuu 2021**



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Ekologian ja evoluutiobiologian maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Samuli Haapalainen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Antavatto pesimä- ja muutonaikaiset linnustonseurannat samansuuntaisia tuloksia lajien kannankehityksistä?			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track -			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika – Datum – Month and year Helmikuu 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 26
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Luonnon monimuotoisuus on laskussa maailmanlaajuisesti ihmistoiminnan vuoksi. Elinympäristöjen ja monimuotoisuuden tilan ajantasainen seuranta on kuitenkin paikoin haastavaa. Yksi hyödyllinen keino näiden tutkimiseen on käyttää paremmin tunnettuja lajeja indikaattoreina elinympäristöjen ja monimuotoisuuden tilasta. Yksi käytetty eliöryhmä ovat linnut. Ne ovat helposti havaittavia ja ovat erikoistuneet lähes kaikkiin ekosysteemeihin. Eri lintulajien populaatiokokojen muutokset voivat kuvastaa eri elinympäristöjen ja niiden monimuotoisuuden muutoksia. Siksi on olennaista, että eri linnustonseurantamenetelmät tuottavat luotettavia, toisiinsa vertautuvia tuloksia.</p> <p>Vertailin tutkielmassani kahta suomalaista, eri menetelmillä tuotettua linnustonseuranta-aineistoa: kansallista pesimälinnustonseuranta- ja Hangon lintuaseman muuttolinnustonseuranta-aineistoa. Molemmat aineistot tarjoavat tietoa Suomen lintulajien populaatioiden kannanmuutoksista. Seurantamenetelmien erilaisuuden vuoksi aineistot saattavat poiketa toisistaan eri lajien kohdalla. Vertailin aineistoja käyttäen samojen lajien kannanmuutosindeksejä. Testasin myös erilaisten lajikohtaisten muuttujien mahdollisia vaikutuksia aineistojen vertautuvuuteen. Muuttujat olivat eri lajien keskimääräinen ruumiinkoko, muuttokäyttäytyminen, eri lajien suosimat elinympäristöt ja lajikohtaiset havaintomäärät. Loin mallit kaikille muuttujien yhdistelmille. Käytin analyysiin yleistettyä lineaarista mallia. Vertailin malleja käyttämällä Akaiken informaatiokriteeriä (AIC) korjattuna pienellä näytekoolla (AICc).</p> <p>Tutkimukseni osoitti, että pesimä- ja muuttoaineisto kuvaavat kannanmuutoksia merkitsevästi samansuuntaisesti. Testatuista muuttujista vain muuttokäytöksellä oli vaikutusta aineistojen vertautuvuuteen. Aineistojen vertautuvuus oli korkea pitkän ja lyhyen matkan muuttajilla. Paikkalinnuilla vertautuvuus oli heikompi. Syynä on todennäköisesti se, että muuttoaineistoon kertyy havaintoja etenkin paikallisista, Hankoniemen alueen, paikkalintujen populaatioista. Paikalliset kannanmuutostrendit voivat poiketa Suomen sisällä ja siten valtakunnalliset pesimälinnustoaaineistot voivat antaa erilaisen kuvan kuin pienemmän alueen paikallismuutokset.</p> <p>Tuloksistani ilmeni myös, että runsaslukuiset lintulajit ovat voimakkaammin taantuvia kuin harvalukuiset. Tämä on huolestuttava ilmiö, koska se viittaa laajamittaiseen elinympäristöjen laadun heikentymiseen ja monimuotoisuuden laskuun. Myös suo- ja tunturilajien populaatiotrendit olivat selkeästi taantuvia suhteessa muiden elinympäristöjen lajeihin. Tämä voi selittyä suo- ja tunturiympäristöjen uhanalaistumisella tai niitä suosivien lintulajien korkeammalla herkkyydellä elinympäristön muutoksille. Voimakkaampi taantuminen voi myös johtua muutoksista näiden lajien talvehtimisalueilla.</p> <p>Suomen pesimä- ja Hangon lintuaseman muuttoaineistojen seurantamenetelmillä saadaan yleisesti toisiaan vastaavaa tietoa lintulajien populaatiotrendeistä. Niitä voidaan käyttää täydentämään toisiaan ja lisätä lintujen populaatiotrendien luotettavuutta. Laadukkaiden lintuaineistojen tuottaminen on ensiarvoisen tärkeää monimuotoisuuden tilan seurannassa ja suojelutoimista päätettäessä. Aineistot antavat tukea moneen Suomen ja Euroopan elinympäristöjen tilan ja monimuotoisuuden tutkimukseen.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Linnut, linjalaskenta, lintujen muutto			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Aleksi Lehtikainen			
Säilytyspaikka – Förvaringsställe – Where deposited HELDA - Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto / HELDA - Helsingfors universitets digitala publikationsarkiv / HELDA – Digital Repository of the University of Helsinki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Biological and environmental sciences		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Master’s programme in ecology and evolutionary biology	
Tekijä – Författare – Author Samuli Haapalainen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Do nesting bird and migratory bird censuses provide similar results on species’ population trends?			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track -			
Työn laji – Arbetets art – Level Master’s thesis		Aika – Datum – Month and year February 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 26
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Biodiversity is decreasing globally due to human activity. At times, on-time monitoring of the state of habitats and biodiversity is challenging. One useful way to study these is to use certain species as indicators for the state of habitats and biodiversity. One group that are often used, are birds. They are easy to detect and they have specialized to most terrestrial ecosystems. Changes in the population sizes of different bird species can reflect changes in different habitats and their biodiversity. Therefore, it is essential that different bird monitoring practices produce reliable and comparable results.</p> <p>I compared datasets produced by two different Finnish bird census programs in my thesis. The census programs were national breeding bird survey program and Hanko Bird Observatory’s migratory bird census program. Both programs produce data on population abundances and changes in population sizes. Because methods between these programs differ greatly, their data may differ for some species. I compared the datasets by comparing population change indexes of the same species. I also tested whether species traits would be associated with the comparability of the datasets. These traits were mean body size, migratory behavior, favored habitats, and number of sightings for each species. I made models for all combinations of traits. I used a generalized linear model in my analysis. I compared the models by using Akaike’s information criterion (AIC) with correction for small sample sizes (AICc).</p> <p>My results showed that both national breeding bird survey program and Hanko Bird Observatory’s migratory bird census program produce parallel population trends for species. From the tested species traits, only migratory behavior was associated with comparability of the datasets. The datasets were highly comparable for long- and short-distance migratory birds but only moderately comparable for resident birds. This is likely due to migratory bird census program recording the local population dynamics of resident birds of Hanko peninsula. These local population trends may differ from the national trends of the same species. The breeding bird survey program should better reflect the national population trends.</p> <p>My results also showed that more numerous common bird species are declining faster than uncommon species. This is an alarming scenario because it points at extensive habitat degradation and biodiversity loss. Also, population trends of species favoring mires and mountains were clearly declining compared to species favoring other environments. This may be due to endangering of mire and mountain habitats due to climate change and human land use such as peatland drainage. Strong declines of species may also be explained by changes in the wintering areas of these species.</p> <p>Finnish breeding bird survey program and Hanko Bird Observatory’s migratory bird census program both produce overall comparable data on population trends of birds. They could be used to complement one another and to provide supporting evidence on the validity of bird population trends. Producing quality bird census data is highly important in tracking the state of biodiversity and when deciding on conservation acts. The data on the census programs provide support for the research on state of Finnish and European habitats and biodiversity.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Birds, line transect, bird migration			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Aleksi Lehtikainen			
Säilytyspaikka – Förvaringsställe – Where deposited HELDA - Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto / HELDA - Helsingfors universitets digitala publikationsarkiv / HELDA - Digital Repository of the University of Helsinki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

# Sisältö

1. Johdanto.....	1
1.1. Elinympäristöjen muutokset ja niiden seuranta.....	1
1.2. Linnut indikaattorilajeina.....	2
1.3. Suomen linnustonseurantamenetelmiä .....	3
1.4. Seurantamenetelmien tuloksiin vaikuttavia eroja.....	4
1.5. Tutkimuksen tavoitteet.....	5
2. Aineisto ja menetelmät.....	6
2.1. Hangon lintuaseman laskennat.....	7
2.2. Pesimälaskennat .....	7
2.2.1. Pistelaskenta.....	8
2.2.2. Linjalaskenta.....	9
2.2.3. Vesilintulaskenta.....	9
2.3. Tilastollinen analyysi.....	9
3. Tulokset.....	12
4. Tulosten tarkastelu .....	17
4.1. Linnustonseuranta-aineistojen hyödyntäminen.....	19
5. Kiitokset .....	21
6. Kirjallisuus.....	22

# 1. Johdanto

## 1.1. Elinympäristöjen muutokset ja niiden seuranta

Maailman eri elinympäristöt ovat nopeassa muutoksessa ihmistoiminnan seurauksena.

Maailmanlaajuisesti luonnon monimuotoisuus on jatkanut laskua huolimatta eri sopimuksista ja tavoitteista saada lasku pysähtymään (Butchart ym., 2010; Mace ym., 2018). Esimerkiksi Keski- ja Länsi-Euroopan metsäelinympäristöjen habitaattien monimuotoisuus on laskenut ja metsälajien määrä on pudonnut noin 11-20% (Wallenius ym., 2010). Monet maa- ja makeanveden elinympäristöt ovat harvenneet ja niiden tulevaisuus on uhattuna (Janssen ym., 2016). Euroopan monimuotoisuus jatkaa laskua, vaikka suojelutasoissa on ollut positiivisia muutoksia ja joidenkin eliöryhmien lajeilla, kuten linnuilla, uhanalaistuminen on vähentynyt (Euroopan ympäristökeskus [EEA], 2020).

Elinympäristöjen muutoksilla on monia vaikutuksia eliöihin. Tylianakis, Didham, Bascompte ja Wardle (2008) osoittivat, että muutokset voivat olla edullisia joillekin lajeille, kun taas toiset kärsivät niistä. Ympäristömuutokset voivat vaikuttaa lajien väliseen kilpailun tasapainoon ja joitakin ekolokeroita voi kadota ja toisia ilmetä. Vuorovaikutusten monimutkaisen verkoston takia on vaikeaa saada varmaa tietoa lajien reagoinnista ja sen suunnasta (Tylianakis ym., 2008). Elinympäristöjen häviäminen laskee kuitenkin yleisesti luonnon monimuotoisuutta (Fahrig, 2003). Tämä näkyy esimerkiksi suurten spesialistilajien vähenemisenä, trofiatasojen laskuna ja lajien lisääntymismenestyksen heikkenemisenä.

Elinympäristöjen pirstoutuessa habitaatit eivät välttämättä katoa, eikä pirstaloitumisella ole suoraa tai yksiselitteistä vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen (Fahrig, 2003). Lajien populaatioihin vaikuttaa pirstaloutumista enemmän elinympäristöjen täydellinen katoaminen (Fahrig, 1997). On mahdollista, että habitaattien monimuotoisuus heikkenee ajan myötä, jos ne pienenevät ja eristyvät muista (Rybicki & Hanski, 2013). Eristyminen ja habitattien pienempi koko altistavat populaatiot ympäristömuutoksille ja paikallisille sukupuutoille. Haddad ja kollegat (2015) osoittivat artikkelissaan, että elinympäristöjen pirstoutuminen johtaa lopulta ekosysteemien laadun heikentymiseen. Tämä näkyy muun muassa lajiston vähenemisenä ja lajien vuorovaikutussuhteiden muutoksina (Haddad ym., 2015). Suuressa osassa Eurooppaa elinympäristöt ovat erittäin pirstoutuneita (EEA, 2011).

Eri elinympäristöjen tilan ja luonnon monimuotoisuuden seuraaminen on haastavaa monimutkaisten vuorovaikutussuhteiden vuoksi. Monimuotoisuuden tason arviointiin voidaan käyttää erilaisia mittareita. Näitä ovat esimerkiksi ekologinen monimuotoisuus, lajien monimuotoisuus ja lajin sisäinen morfologinen ja geneettinen monimuotoisuus (Yhdistyneet kansakunnat [YK], 1992). Joitakin eliöryhmiä voidaan käyttää eri elinympäristöjen monimuotoisuuden ja ekologisen tilan indikaattoreina. Yleensä tällaiset lajit ovat spesialisteja, jotka ovat erikoistuneet tietynlaiseen ekologeroon tietyssä elinympäristössä. Myös elintavoiltaan generalistisempia lajeja voidaan käyttää lisäindikaattoreina kertomaan elinympäristöjen tilasta.

## **1.2. Linnut indikaattorilajeina**

Linnut ovat yksi hyvä eliöryhmä indikaattorilajeiksi elinympäristöjen tilasta ja monimuotoisuudesta. Linnut ovat erittäin menestynyt selkärankaisten luokka, jonka lajikirjo on suuri. Linnut ovat sopeutuneet elämään mitä moninaisimmissa elinympäristöissä ja erikoistuneet hyvin erilaisiin ekologeroihin. Jos tietyn lajin elinympäristössä tapahtuu muutoksia, sillä on vaikutusta lajin yksilöiden hengissäsäilymiseen ja lisääntymiseen. Tämä näkyy suoraan lajin kannankoon muutoksina. Lentokyvyn ansiosta monet muuttolintulajit pystyvät siirtymään uusille, suosiollisemmille elinalueille alkuperäisen asuin ympäristön muuttuessa. Näin eri muuttolajien populaatiokokojen muutokset voivat ennemmin kuvastaa yleisesti tietyn elinympäristötyypin muutoksia, kuin tietyn alueen elinympäristön muutoksia (Gregory ym., 2005). Näistä syistä lintukantojen kehityksen tutkiminen on ensiarvoisen tärkeää elinympäristöjen monimuotoisuuden ja hyvinvoinnin seuraamisessa.

Lintujen käyttöä elinympäristöjen ekologisen tilan indikaattoreina on tutkittu ahkerasti (Blair, 1999). Esimerkiksi vesilintuja voidaan hyödyntää bioindikaattoreina vesi ympäristöjen ekologisesta tilasta (Green & Elmberg, 2013). Aiemmin mainittujen ominaisuuksien lisäksi linnut toimivat mainioina elinympäristöjen indikaattoreina seuraavilta biologisilta ominaisuuksiltaan. Linnut elävät hyvin monenlaisissa elinympäristöissä, ovat runsaslukuisia ja omaavat keskimääräisen eliniän (Gregory ym., 2005). Keskimääräinen, joitakin vuosia kestävä, elinikä on sinänsä hyvä ominaisuus indikaattorille, koska populaatiokoko reagoi suhteellisen nopeasti ympäristönmuutoksiin. Hyvin pitkällä eliniällä ja hitaasti sukukypsyyden saavuttavilla lajeilla populaatiokoko reagoi pitkällä viiveellä ympäristönmuutoksiin, jolloin ne eivät ole hyviä indikaattorilajeja. Lisäksi linnut ovat varsin näkyviä, joten niitä on helppo laskea ja seurata (Gregory ym., 2005). Osittain siksi lintujen seuranta on suosittu harrastus ja linnuista on kertynyt havaintotietoja pitkältä ajalta. Linnustoa voidaan seurata vuoden eri aikoina. Esimerkiksi linnustoa seurataan niin pesimä-, muutto- kuin

talvehtimisaikoina. Jokainen seuranta antaa tietoa lintupopulaatioiden voinnista hieman eri näkökulmasta.

### **1.3. Suomen linnustonseurantamenetelmiä**

Suomessa pesimälinnuston muutoksia seurataan paikallisten laskentojen avulla. Tämä piste-, linja- ja vesilintulaskennoista koostuva pesimälaskenta on alkanut 1970-luvulla. Siitä yhteen koottu aineisto antaa kattavaa tietoa tiettyjen alueiden ja biotooppien lajiston hyvinvoinnista ja muutoksista. Yhden alueen pitkäaikainen seuraaminen antaa tietoa yksilömäärien muutoksista kyseisessä ympäristössä. Pesimälaskennoilla ei kuitenkaan yleensä saada suoraa tietoa lajien pesimämenestyksestä, koska ainoastaan pesivät yksilöt tai parit lasketaan. Tähän verrattuna muuttolinnuston seurannassa lasketaan myös nuoret yksilöt, jolloin eri lajien vuotuinen lisääntymismenestyskin näkyy seurantatiedoissa. Suomessa on myös erillisiä poikuelaskentoja, kuten Luonnonvarakeskuksen (Luke) ohjaamat vesilintujen poikuelaskennat (Luonnonvarakeskus [Luke], 2016).

Pesimälinnuston seurannan lisäksi Suomessa on seurattu muuttolinnustoa mm. Hangon lintuasemalta (Halias) vuodesta 1979. Asema on sijoitettu Hankoniemen lounaiskärkeen (Kuva 1). Monet muuttolinnut välttävät suurten vesimassojen ylilentoa viimeiseen asti ja seurailevat usein rannikkoa (Solonen, Lehikoinen & Lammi, 2010). Hankoniemen kärki toimii suppilomaisesti ohjaten runsaasti lintuja alueelle. Linnut jatkavat muuttoaan Hankoniemestä Saaristomeren yli Ruotsiin tai ylittävät Suomenlahden Viroon (Solonen ym., 2010). Haliakselta onkin siksi hyvä seurata muuttolinnuston yksilömääriä. Haliaksen keräämästä aineistosta voidaan arvioida Suomen kautta muuttaneiden lintujen kantojen muutokset pitkällä aikavälillä. Aineisto ei kuitenkaan kerro, missä Suomen läpi muuttaneet linnut ovat pesineet. Kaikki yksilöt eivät välttämättä ole Suomen pesimäkantaa. Aineisto antaa kuitenkin arvokasta yleistietoa eri lajien kantojen hyvinvoinnista, pesimämenestyksestä ja muuton ajoittumisesta.

Molempien linnustonseurantamenetelmien tuottamia pitkäaikaisaineistoja käytetään tutkimuksessa (Fraixedas ym., 2017; Kanerva, Hokkanen, Lehikoinen, Norrdahl & Suhonen, 2020). On kuitenkin epäilty, antavatko eri linnustonseurantamenetelmät samansuuntaisia tuloksia lintulajien kannanvaihtelusta. Erilaisia Ruotsissa suoritettuja seurantamenetelmiä, kuten pesimäseurantaa, muuttoseurantaa ja rengastusta on vertailtu aiemmin ja eri menetelmien on havaittu tuottavan suunnilleen toisiaan vastaavia tuloksia kannanvaihteluista (Karlsson, Ehnbohm & Walinder, 2005; Svensson, 1977). Suomessa pesimälinnuston seuranta ja muuttoseuranta pyrkivät antamaan tietoa

muuttolintupopulaatioiden voinnista ja pitkäaikaistrendeistä. On kuitenkin olemassa mahdollisuus, että eri menetelmillä saadut trendit eri lintulajien kannanvaihteluista eivät ole yhteneviä.

#### **1.4. Seurantamenetelmien tuloksiin vaikuttavia eroja**

Pesimäseuranta ja muuttoseuranta poikkeavat toisistaan suuresti. Kansallisissa pesimälinnuston laskennoissa voidaan rajata populaatiot valtion sisälle. Silloin saadaan tietoa kunkin valtion sisällä olevien lintukantojen hyvinvoinnista. Haliaksen muuttolaskennoissa seurataan ylimuuttavia lintuja, jolloin osa lasketuista yksilöistä tulee Suomen rajojen ulkopuolelta, tai jatkaa Suomen ulkopuolelle. Lajikohtaiset erot muuttokäytöksessä ja sääolosuhteet vaikuttavat havaintomääriin Haliaksella. Esimerkiksi jotkin lajit suosivat yöllä muuttoa, tai lentävät myötätuulella hyvin korkealla optiikan ulottumattomissa, jolloin niiden havaintomäärät jäävät alhaisiksi (Solonen ym., 2010). Vastatuuli ja sade taas voivat ohjata linnut lentämään matalalla, jolloin havaintomäärät kasvavat. Tämä voi aiheuttaa hajontaa aineistoihin. Osa lintulajeista, kuten jotkin petolinnut, välttävät Suomenlahden ylistystä ja kiertävät sen idästä (Solonen ym., 2010). Näistä lajeista ei välttämättä tehdä edustavasti havaintoja Haliaksella. Eri menetelmät eivät pysty kattamaan samalla tarkkuudella kaikkia yhteisiä lajeja. Toisaalta Haliaksella tehdään huomattavasti enemmän yksilöhavaintoja kuin pesimälaskennoissa, joka osaltaan voi antaa kattavamman kuvan lajin tilasta (Lehikoinen, Lindén, Ekroos, Vähätalo & Välimäki, 2006). Lajikohtaiset havaintomäärät vaihtelevat kuitenkin reilusti. Osasta lintulajeja on vain suhteellisen vähän havaintoja Haliaksella. Näiden lajien aineistot ovat pieniä ja siten kannanmuutosten arviointi on alttiimpi satunnaistekijöille.

Pesimä- ja muuttoaineistot kattavat laajan kirjon eri lintulajeja, joilla on varsin toisistaan eroavat ruumiinkoot, muuttokäytökset ja suositut elinympäristöt. Lisäksi lajikohtaiset havaintomäärät vaihtelevat reilusti. Nämä tekijät voivat vaikuttaa eri menetelmillä saatuihin aineistoihin. Linnuilla ruumiinkoon on havaittu korreloivan eliniän kanssa (Lindstedt & Calder, 1976). Lyhytikäiset lajit ovat alttiimpia kannanheilahteluille, joten eri menetelmillä saadut tulokset voivat vaihdella. Pienemmät lajit voivat olla myös hankalammin havaittavissa ja siten lisätä satunnaiskohinaa aineistossa. On siis mahdollista, että suuremman ruumiinkoon omaavien lajien aineistot ovat yhtenevämpiä seurantamenetelmien välillä, kuin pienikokoisten lajien.

Kauko- ja lähimuuttajien populaatiot muuttavat säännöllisesti Haliaksen yli (Saurola, Valkama & Velmala, 2013; Valkama ym., 2014). Tästä syystä muuttoaineistoon voidaan saada kuvaavia trendejä kyseisten lajien kannanmuutoksista. On huomioitava, että paikkalintujen kannankehitys voi poiketa paikallisesti Haliaksen alueella lajien valtakunnallisesta kannankehityksestä. Lisäksi



osittaisuuttajilla muuttajamäärät voivat ailahtella esimerkiksi ravinnon määrän muutoksista ja suhteesta kannantiheyteen (Newton, 1998; Solonen ym., 2010). Lisäksi vaelluskäytöstä omaavat paikkalinnut välttävät tyypillisesti suurten vesialueiden ylitystä, jolloin ne voivat pakkaantua niemenkärkiin, kuten Haliakselle (Solonen ym., 2010). Paikkalintujen suhteen muuttoaineisto saattaa olla alttiimpi näille satunnaistekijöille. Se voi antaa erilaisen kuvan kannanmuutoksista verrattuna pesimäaineistoon, johon havainnoidaan paikkalintujen kantoja kootusti eri alueilta.

Eri lintulajien suosimat elinympäristöt voivat olla vaikuttava tekijä eri menetelmien aineistoissa. Haliaksen lähialueiden elinympäristöt ovat voineet muuttua ajassa eri tavalla kuin valtakunnalliset elinympäristöt, vaikuttaen Haliaksella paikallisesti esiintyvien lajien runsauksiin (Lehikoinen ym., 2006).

Edellä mainitut syyt voivat vaikuttaa aineistojen tuloksiin ja siten on tärkeää vertailla näitä kahta aineistoa ja kartoittaa eri aineistojen mahdollisia eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia. Näin voimme parantaa kannanmuunteluista saadun aineiston pohjalta tehdyn tutkimuksen laatua ja vastaavuutta kantojen todellisesta voinnista. Samoin eri aineistoja vertaamalla voi joissain tapauksissa olla mahdollista havaita erisuuntaisia tuloksia tietyn lajin osalta. Silloin voidaan epäillä, onko lajin Suomen ulkopuolisilla populaatioissa eroja kannan voinnissa verrattuna kotimaisiin populaatioihin. Laadukas linnustonseuranta-aineisto on ensiarvoisen tärkeää monimuotoisuuden ja sen muutosten seuraamiseksi jopa globaalilla tasolla (Pereira & Cooper, 2006).

### **1.5. Tutkimuksen tavoitteet**

Tutkimuksessani vertaan Haliaksen muutonseuranta-aineistosta saatuja kannanmuutostrendejä kansallisen linnuston pesimämittauksista saadun aineiston pohjalta havaittuihin trendeihin. Tarkoitukseni on selvittää, tarjoavatko eri seurantamenetelmät samansuuntaisia tuloksia lintukantojen kehityksistä Suomessa. Tutkimukseni tulokset auttavat määrittämään seurantamenetelmien vastaavuutta ja mahdollisuutta käyttää eri menetelmillä tuotettua aineistoa tukemaan toisiaan.

**Tutkimuskysymys 1.** Ovatko Haliaksen muuttolintuaineistosta saatavat kannanmuutostiedot positiivisesti yhteydessä valtakunnallisten pesimäaineiston pohjalta tehtyjen kannanmuutostietojen kanssa?

- **1: H1-hypoteesi:** Muutto- ja pesimäaikaiset seurannat antavat samanlaiset kannanmuutostrendit lajeille. Vaikka menetelmissä on eroja, ovat aiemmatkin vertailevat tutkimukset viitanneet positiiviseen vertailukelpoisuuteen.

### **Tutkimuskysymys 2.** Vaikuttaako lajien ruumiinkoko aineistojen vertailukelpoisuuteen?

- **2: H1-hypoteesi:** Vaikuttaa. Suurikokoisten lajien kannankehitykset ovat yhtenevämpiä kuin pienikokoisten, koska suurikokoiset yksilöt ovat helpommin havaittavissa. Siten korkeampi havaittavuus muodostaa vähemmän satunnaiskohinaa aineistossa. Lisäksi pienikokoiset lajit ovat alttiimpia paikallisille kannanheilahteluille mahdollisesti lisäten satunnaiskohinaa.

### **Tutkimuskysymys 3.** Vaikuttaako lajien muuttokäytös aineistojen vertailukelpoisuuteen?

- **3: H1-hypoteesi:** Vaikuttaa. Kauko- ja lähimuuttajien muuttoaineisto on paremmin yhteydessä pesimäaineistoon. Paikkalinnuilla yhteys ei ole yhtä vahva, koska valtakunnan paikkalinnuista vain pieni osa havaitaan Haliaksella. Alueen paikalliset populaatiodynamiikat voivat olla erilaisia verrattuna keskimääräiseen valtakunnalliseen tasoon.

### **Tutkimuskysymys 4.** Vaikuttaako lajien elinympäristön valinta kannankehitysaineistojen vertailukelpoisuuteen?

- **4: H1-hypoteesi:** Vaikuttaa. Muuttoaineistolla on heikompi vertailukelpoisuus joidenkin elinympäristöjen suhteen, koska Haliaksen lähistön elinympäristöt ovat voineet muuttua ajassa ja siten vaikuttaa alueen lintulajien esiintyvyyteen.

### **Tutkimuskysymys 5.** Vaikuttaako lajikohtainen muuttoaineiston koko (havaitut yksilömäärät Haliaksella) aineistojen vertailukelpoisuuteen?

- **5: H1-hypoteesi:** Vaikuttaa. Pienten aineistojen lajeilla on heikompi yhteys pesimäaineistoon kuin runsaslukuisilla lajeilla, koska pienissä aineistoissa kannanmuutosten arviointi on alttiimpi satunnaistekijöille.

## **2. Aineisto ja menetelmät**

Käytän yhtenä osana tutkimusaineistoani Haliaksen muuttolintuseurannan aineistoa.

Muuttolintuaineistosta voidaan arvioida eri lajien populaatiokokoa, kannanmuutoksia ja kesän pesintöjen onnistumista. Omassa tutkimuksessani keskityn kannanmuutoksiin. Haliaksen muuttolintuaineiston oletetaan antavan yleisen kuvan eri pohjoisten lintulajien kannanmuutoksista.

Kaikki Haliaksen yli muuttavat linnut eivät välttämättä pesi Suomen rajojen sisällä, joten Haliaksen lintuaineisto antaa mahdollisesti kattavamman kuvan lajin kannankoon muuntelusta.

Käytän toisena osana tutkimusaineistoani valtakunnallista pesimäaineistoa, joka on saatu piste-, linja- ja vesilintulaskentojen kautta. Näiden pesimälaskentojen tulokset antavat yhdessä kattavan kuvan Suomen pesimälinnuston koosta ja kannan vaihtelusta.

## 2.1. Hangon lintuaseman laskennat

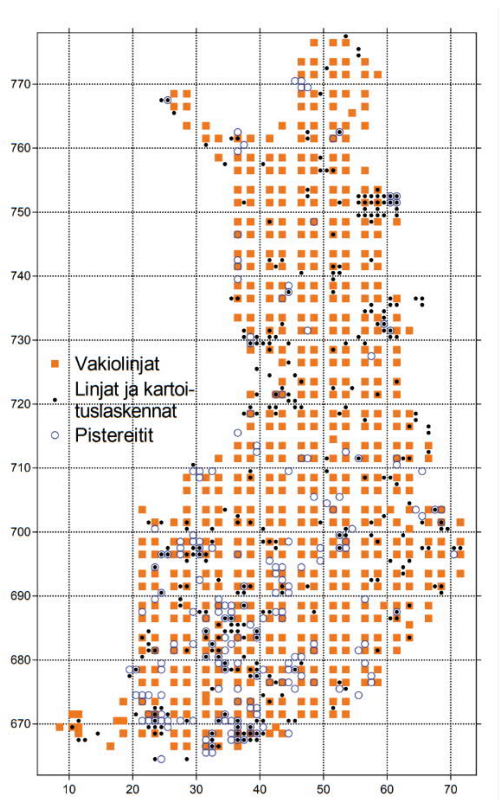
Halias on Helsingin Seudun Lintutieteellisen Yhdistyksen, Tringa ry:n ylläpitämä lintuasema. Asemalla seurataan muuttolinnustoa maaliskuusta lokakuuhun päivittäin vähintään neljä tuntia auringonnoususta alkaen. Marraskuusta helmikuuhun päivittäinen havainnointi on vain kaksi tuntia muuton vähäisyydestä johtuen (Lehikoinen & Vähätalo, 2000). Vuotuinen muuttolinnuston seuranta jaetaan maaliskuusta kesäkuun alkuun kestävään kevätmuuttokauteen ja heinäkuun lopusta marraskuun alkuun kestävään syysmuuttokauteen (Lehikoinen, ei pvm). Havainnoidessa muuttavaksi linnuksi määritellään yksilöt, jotka lentävät havaintopaikan ohi määrätietoisesti (Lehikoinen & Vähätalo, 2000). Havaittujen yksilöiden lukumäärä ja laji kirjataan ylös.



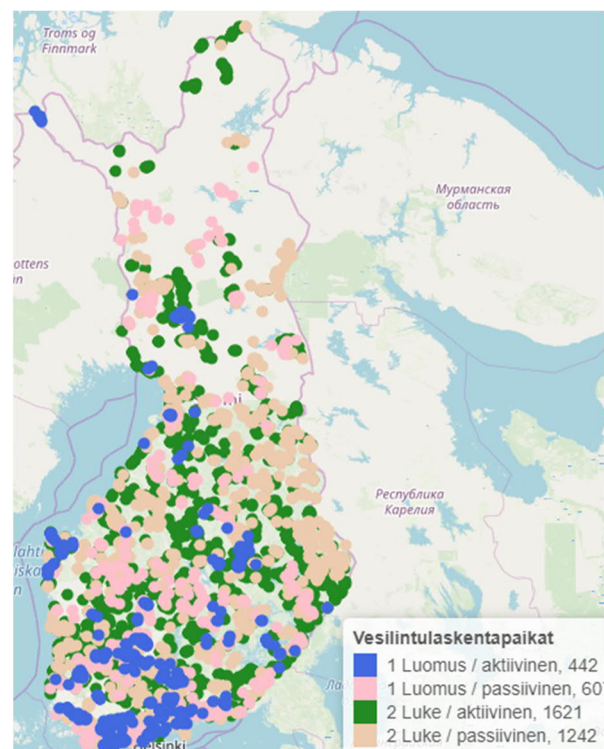
Kuva 1. Hankoniemen ja Haliaksen sijainti. Muokattu lähteestä (Freeworldmaps, 2020).

## 2.2. Pesimälaskennat

Luonnontieteellinen keskusmuseo (Luomus) on laatinut ohjeet pesimälaskentojen suorittamiseksi. Pesivä pari toimii havaintoyksikkönä kaikissa eri laskentatavoissa.



Kuva 2. Piste- ja linjalaskentojen seuranta- ja kartoitustapaikat 1975-2017. Isot ruudut ovat Suomen yhtenäiskoordinaatiston sadan kilometrin ruutuja. Muokattu lähteestä (Väisänen, Lehikoinen & Sirkiä, 2018)



Kuva 3. Vesilintujen laskentapisteet 2019. Muokattu lähteestä (Björklund, 2020)

### 2.2.1. Pistelaskenta

Pistelaskenta on aloitettu Suomessa vuonna 1984. Kyseinen menetelmä on maailmalla yleisin maailinnuston seurantamenetelmä. Pistelaskenta perustuu vapaaehtoisten laskijoiden tekemiin laskentareitteihin. Reittien ja laskentapisteen tulee olla samat jokaisena vuonna (Kuva 2).

Laskennassa kullakin määritellyllä laskentapistellä vietetään tasan viisi minuuttia havainnoiden linnustoa. Havaitut lajit ja parimäärät merkitään ylös. Parit merkitään ylös siten, onko ne havaittu 50 metrin säteen sisä- vai ulkopuolella. Kunkin havainnointipisteen biotooppi on määritelty.

Laskennassa ei huomioida vesilinnustoa, koska menetelmä ei kykene antamaan niistä sopivaa aineistoa. Vesilintulaskenta soveltuu tähän paremmin. Laskennat suoritetaan Etelä-Suomessa 20.5.-20.6 ja Pohjois-Suomessa 30.5.-30.6. Reitti kuljetaan kello 4:00-9:00 välillä. Sään tulee olla tyyni ja poutainen havainnoinnin häiriintymisen vähentämiseksi. Laskennan päätavoite on saada aineistoa kannankoon vuosittaisen muutoksen indeksejä varten. Samaa reittiä ei tarvitse laskea vuosittain. (Lehikoinen, 2020)

### *2.2.2. Linjalaskenta*

Tämä laskentatapa on aloitettu Suomessa 1970-luvulla. Aluksi linjojen pituudet ja muodot vaihtelivat. Menetelmä yhtenäistettiin vuonna 2006 ja luotiin koko Suomen kattava vakiolinjaverkosto. Linnuston linjalaskenta suoritetaan nykyään vakioiduilla laskentalinjoilla, jotka sijaitsevat 25 kilometrin välein (Kuva 2). Vaikka laskentamenetelmä antaa mielikuvan maastossa kuljettavasta suorasta linjasta, on kyseessä kuitenkin suorakulmion mallinen reitti. Linjan sivujen yhteenlaskettu pituus on vakiona kuusi kilometriä. Reitillä kulkiessa havaitut linnut kirjataan ylös tasaisin välein. Linnut eritellään sen mukaan, havaitaanko ne ensimmäisen kerran 50 metrin sisä- vai ulkopuolella. Linjat lasketaan yhden kerran pesimäaikana. Etelässä laskennat tehdään aiemmin kuin pohjoisessa pesinnän aikaisemman alkamisen vuoksi. Laskennat suoritetaan kello 3:00-9:00 välillä, koska silloin on monien lajien paras laulu-aika ja siten lajin havaitseminen on todennäköisintä. Samaa linjaa ei tarvitse laskea vuosittain. (Sirkiä, 2018)

### *2.2.3. Vesilintulaskenta*

Luomus ja Luke ohjaavat valtakunnallista vesilintulaskentaa. Nykyiseen vesilintulaskentaan vertailukelpoista aineistoa on 1980-luvulta alkaen. Laskentapaikat kattavat laajasti Suomen vesistöjä (Kuva 3). Laskennassa huomioidaan vain vesilinnuiksi määritellyt lajit, kuten kuikka-, uikku-, sorsa- ja lokkilinnut ja nokikana. Vesilintulaskentaa suoritetaan kierto- ja pistelaskennalla. Molemmat mittaustavat suoritetaan yksi tai kaksi kertaa toukokuun aikana. Laskenta pyritään ajoittamaan pesivien parien asetuttua aloilleen ja läpimuuttajien jo jatkettua matkaa. Laskennat suoritetaan kello 6:00-13:00 välillä. Sään tulee olla tyyni näkyvyyden takaamiseksi. Kiertolaskennassa selvästi rajattavissa oleva vesistö kierretään jalan rantaa pitkin, tai soutaen. Pistelaskenta taas suoritetaan eri tähystyspisteistä, joilla rajataan laskentasektori. Yhdellä sektorilla havainnointiaika on yleensä 5-15 minuuttia. Samojen lintujen laskemista vältetään muun muassa siirtymällä nopeasti tähystyspisteeltä toiselle. Yksittäiset linnut, ja parvi, kirjataan erikseen, sekä erotellaan yksilöiden sukupuolet, jos se on mahdollista. (Luonnontieteellinen keskusmuseo [Luomus], 2018)

## **2.3. Tilastollinen analyysi**

Käytän Suomen pesimäaineistoista koottuja tilastoja, jotka perustuvat piste-, linja- ja vesilintulaskentoihin. Suomi on lähettänyt tiedot EU-komissiolle osana kuuden vuoden välein tehtävää lintudirektiivin raportointia ja ne ovat avoimesti nähtävillä Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) sivuilla (EEA, 2018). Käytin kyseisiltä sivuilta löytyneitä tilastoja tutkimuksessani. Tilastot

sisältävät kannanmuutostietoja Suomen muuttolinnuista. Aineistosta selviää kunkin lajin seurannan aloitusvuosi ( $Y_s$ ) ja vuosi, johon asti aineistoa oli kerätty Suomessa ( $Y_1$ ). Koska viimeisin aineistojakso oli lähetetty EEA:lle vuonna 2012, kunkin lajin aineisto yltää korkeintaan kyseiseen vuoteen. Aineisto antaa myös jokaisen lajin pitkäaikaisen kannankehityksen luottamusvälit (LT). Laskin kaikille lajeille kannanmuutosindeksin seuraavalla menetelmällä.

$$\text{Lajin populaatiokoon kokonaismuutos (\%)} = (LT_{\min} + LT_{\max}) / 2 + 1 = LT_c$$

$$\text{Havaintovuosien määrä} = Y_1 - Y_s = Y$$

$$\text{Kannanmuutosindeksi (\%)} = (LT_c^{1/Y} - 1) * 100$$

Kannanmuutosindeksi kuvaa keskimääräistä prosentuaalista kannankoon muutosta seuranta-ajalta. EEA:n sivuilla joillekin lajeille oli annettu luottamusvälien sijaan arvo vaihteleva (fluctuating) tai tuntematon (unknown). Näiden lajien kohdalla tarkistin mahdollisen kannanmuutosindeksiarvon petolintuarviosta, vesilinturaportista ja kannanmuutosarviosta (Björklund, Saurola & Valkama, 2018; Lehikoinen, Pöysä, Rintala & Väisänen, 2013; Väisänen & Lehikoinen, 2013).

Kannanmuutosarviosta indeksiarvot löytyivät seuraaville lajeille: ampuhaukka, harakka, hemppo, kapustarinta, keltasirkku, kiuru, kultarinta, kuusitiainen, lapinsirkku, lapintiaainen, lehtokerttu, metso, mustaviklo, närhi, peippo, pensaskerttu, pikkukuovi, pikkulepinkäinen, pikkutylli, punakylkirastas, punatulkku, puukiiپی, pyy, taviokuurna, teeri, töyhtötiainen, urpiainen, varpushaukka ja västäräkki (Väisänen & Lehikoinen, 2013). Lehto- ja varpuspöllöille indeksiarvot löytyivät petolinturaportista (Björklund ym., 2018). Vesilinturaportti tarjosi indeksiarvon telkälle (Lehikoinen ym., 2013).

Haliaksen havaintoaineisto on saatavilla Tringa ry:n kautta (Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys [Tringa ry], 2020). Aineisto koostui kolmesta havaintojaksosta vuosina 1979-1999, 2000-2010 ja 2011-2017. Aineistosta sain eri havaintojaksojen keskimääräiset vuosittaiset havaintomäärät eri lajeille. Kyseiset arvot löytyvät lajikohtaisesti muuttolintuselain Haahkasta (<https://haahka.halias.fi>). Nämä arvot on saatu laskemalla kunkin lajin keskimääräinen havaintomäärä vuoden jokaiselta kalenteripäivältä havaintojakson ajalta ja laskemalla yhteen nämä päivittäiset keskiarvot (Lehikoinen, 2019).

Laskin keskimmäisen havaintovuoden joka havaintojaksolle ja sain seuraavat vuodet: 1989, 2005 ja 2014. Hylkäsin aineistosta lajit, joiden vuotuiset havaintomäärät alittivat miltä tahansa havaintojaksolta viisi havaintoa. Laskin kannanmuutosindeksin kullekin lajille vertaamalla ensimmäisen havaintojakson (1979-1999:  $N_1$ ) vuosittaisia lajikohtaisia havaintomääriä tuoreimman

havaintojakson (2011-2017: N<sub>2</sub>) vastaaviin. Ensimmäisen ja tuoreimman havaintojakson keskimmäisten vuosien erotus oli 25 vuotta. Jätin keskimmäisen havaintojakson ulos analyysistä. Sain muuttoaineistolle lajien kannanmuutosindeksit seuraavalla kaavalla.

$$\text{Kannanmuutosindeksi (\%)} = \text{sqr}^{25}(N_2/N_1)$$

Vertasin muuttoaineiston ja pesimäaineiston lajistoa ja poistin lajit, joista ei ollut riittävästi aineistoa molemmista seurantamenetelmistä. Poistin myös tarkastelusta lajit, jotka ovat asettuneet vasta tutkimusjaksolla pesimään Suomeen. Tämän takia merimetso putosi pois tarkastelusta. Lisäsin aineiston muodostaville lajeille tiedot niiden muuttokäyttäytymisestä, tyyppielinympäristöstä ja ruumiinkoosta. Muuttokäytökselle on kolme arvoa: pitkän matkan muuttaja (L), lyhyen matkan muuttaja (S) ja paikallismuuttaja (R) (Saurola ym., 2013; Valkama ym., 2014). Elinympäristöjen luokkia oli 10 kappaletta (Väisänen, Lammi & Koskimies, 1998; Laaksonen & Lehtikoinen, 2013). Yhdistin ne lopulta neljään ryhmään, joita käytin lopullisessa analyysissä. Ne ovat vesielin ympäristöt (water), metsäelin ympäristöt (forest), urbaanit elin ympäristöt (urban) ja suo- ja vuoristoelin ympäristöt (mires and mountains). Ruumiinkoon arviona käytin painon keskiarvoa grammoina kullekin lajille (Cramp, Simmons & Perrins, 1977–1994).

Loin aineiston lintulajeille fylogeneettisen puun BirdTree-verkkosivun avulla (<https://birdtree.org/subsets/>) kts. (Jetz, Thomas, Joy, Hartmann & Mooers, 2012). Valitsin sivuston luomista vaihtoehtoista parhaiten sukulaisuussuhteita selittävän puun, joka oli ensimmäisenä sivuston tuottamalla listalla. Käytin puuta analyysissäni, jotta eri lajien sukulaisuussuhteiden vaikutukset tuloksiin tuli huomioitua.

Aineistojen analysointiin käytin R-ohjelmaa (R Core Team, 2018). Muutin aineistot massasta ja muuttoaineiston lajikohtaisista yksilöhavaintomääristä logaritmiseen muotoon. Tämä tasoittaa suuruuseroja vähentäen suurten arvojen ja havaintomäärien aiheuttamaa häiriötä ja saa selittävät tekijät asettumaan normaalijakaumaan selkeämmin.

Analyysiin käytin yleistettyä lineaarista mallia. Se oli soveltuvin malli, koska aineistossa oli useampi selittävä tekijä, jotka olivat lajin trendi Haliaksella, ruumiinkoko, muuttokäyttäytyminen ja elin ympäristö. Yleistetty lineaarinen malli kykenee vertailemaan aineistoja eri muuttujien ja niiden yhdysvaikutusten suhteen. Analyysin vastemuuttujana oli lajin pitkäaikainen kannankehitys, eli trendi pesimäaineistojen perusteella. Suoritin analyysin kaikille mahdollisille aineiston tekijöiden yhdysvaikutusten yhdistelmille niin, että trendi Haliaksella oli yhdysvaikutuksessa ruumiinkoon, muuttokäyttäytymisen ja elin ympäristön kanssa. Lisäksi sovitin malleihin fylogeneettiseen puuhun,

joka ottaa huomioon, että samankaltaiset lajit voivat olla läheistä sukua keskenään ja siten eivät ole täysin riippumattomia toisistaan. Malleja oli yhteensä 16 kappaletta (Taulukko 1). Näin sain havainnoitua, miten Haliaksen aineistolla lasketut kannankehitykset olivat yhteydessä pesimäaineiston trendeihin ja erosiko tämä yhteys erilaisten tekijöiden välillä.

Vertailin malleja käyttämällä Akaiken informaatiokriteeriä (AIC) korjattuna pienellä näytekoolla (AICc). AIC pohjautuu Kullback-Leibler-informaatioteoreemaan (Burnham & Anderson, 2004). AIC antaa korkeammat selitysarvot malleille, jotka vastaavat lähemmin käytetyn mallin pohjalta odotettuja arvoja ja jotka ovat parsimonisempia vähemmällä selittävillä tekijöillä.

### 3. Tulokset

*Taulukko 1. Pesimäaineiston kannanmuutoksia selittävien mallien paremmuusjärjestys AICc:n perusteella sisältäen AICc:n testisuureet. Paino on mallin painoarvo (AIC weight; Burnham & Anderson, 2004). Htrendi on Haliakselta saadun muuttoaineiston kannanmuutostrendit. Hab tarkoittaa elinympäristöjä muuttujina. Mig on muuttokäytös. Mass on lajin logaritminen massa. LogN on Haliaksen logaritminen yksilöhavaintomäärä.*

Nimike	Muuttujat	AICc	$\Delta$ AICc	Paino
13	Htrendi*hab + Htrendi*mig + Htrendi*logN	-622.5	0	0.597
16	Htrendi*hab + Htrendi*mig + Htrendi*mass + Htrendi*logN	-620.9	1.6	0.263
8	Htrendi*hab + Htrendi*logN	-618.3	4.2	0.071
10	Htrendi*mig + Htrendi*logN	-617.6	4.9	0.052
15	Htrendi*hab + Htrendi*mass + Htrendi*logN	-614.1	8.4	0.009
14	Htrendi*mig + Htrendi*mass + Htrendi*logN	-613.8	8.7	0.008
6	Htrendi*hab + Htrendi*mig	-607.8	14.7	0
5	Htrendi*logN	-606.8	15.7	0
12	Htrendi*hab + Htrendi*mig + Htrendi*mass	-603.3	19.2	0
11	Htrendi*mass + Htrendi*logN	-603.2	19.3	0
2	Htrendi*hab	-602.3	20.2	0
7	Htrendi*hab + Htrendi*mass	-598.4	24.1	0
3	Htrendi*mig	-587.2	35.3	0
9	Htrendi*mig + Htrendi*mass	-584.1	38.4	0
1	Htrendi	-576.0	46.5	0
4	Htrendi*mass	-572.8	49.7	0
Nollamalli	Intercept	-471.2	151.3	0

Mallit 13 ja 16 saivat pienimmät AICc arvot ja siten ne selittivät parhaiten pesimäaikaisia kannanmuutoksia (Taulukko 1). Näiden mallien välisen  $\Delta$ AICc-arvojen erotus oli alle 2. Silloin molemmat mallit voitiin mieltää yhtä hyvinä selittävyytensä puolesta. Malli 13 oli kuitenkin parsimonisempi kuin malli 16, koska malli 13 kykeni selittämään tuloksia paremmin harvemmilla



muuttujilla. Vaikka malli 16 antoi hyvin matalan  $\Delta AICc$ -arvon, se oli kuitenkin suurempi, kuin mallilla 13. Malliin 16 oli lisätty logaritminen lajin massan muuttuja, eikä se lisännyt  $\Delta AICc$ -arvojen perusteella mallin selittävyttä. Massaa voitiin kutsua siten epäinformatiiviseksi muuttujaksi (Arnold, 2010). Hyväksyin mallin 13 parhaaksi malliksi. Mallissa 13 vaikuttavat tekijät olivat elinympäristöjen, muuttokäytöksen ja Haliaksen logaritmisien yksilöhavaintomäärän väliset interaktiot.

Tarkastelin mallin 13 arvoja lähemmin. Eri tekijöiden selittävyyden vahvuus mallissa selvisi näiden arvojen avulla. Elinympäristöjen kohdalla vertasin muita elinympäristöjä metsäelinympäristöön.

Muuttokäytöksen suhteen vertasin lähi- ja kaukomuuttajia suhteessa paikkalintuihin.

*Taulukko 2. Suomen pesimäaikaisten kannanmuutoksia parhaiten selittävän mallin 13 tulostaulukko sisältäen kulmakertoimet ja testisuureet. Htrendi on Haliakselta saadun muuttoaineiston kannanmuutostrendit. HabMM vastaa suoelinympäristöjä ja tuntureita. HabURBAN vastaa urbaaneja elinympäristöjä. HabWATER vastaa vesielinympäristöjä. MigL sisältää pitkän matkan muuttajat. MigS sisältää lyhyen matkan muuttajat. Lyhenne logN merkitsee Haliaksen muuttoaineiston logaritmisia yksilöhavaintomääriä. Muuttujien, joiden p-arvot ovat alle 0.05, on lihavoitu.*

Muuttuja	Kulmakerroin	Keskivirhe	t-arvo	p-arvo
(Intercept)	0.03468	0.035	0.99094	0.3230
<b>Htrendi</b>	<b>0.49961</b>	<b>0.18804</b>	<b>2.65687</b>	<b>0.0086</b>
<b>HabMM</b>	<b>-0.0279</b>	<b>0.01153</b>	<b>-2.4211</b>	<b>0.0165</b>
HabURBAN	0.00743	0.00922	0.80518	0.4218
HabWATER	0.01572	0.01134	1.3864	0.1673
MigL	-0.012	0.01265	-0.9486	0.3441
MigS	-0.0134	0.01141	-1.1748	0.2416
<b>logN</b>	<b>-0.0044</b>	<b>0.00105</b>	<b>-4.2103</b>	<b>0.0000</b>
Htrendi:HabMM	-0.1846	0.28928	-0.638	0.5243
Htrendi:HabURBAN	-0.0309	0.18384	-0.168	0.8667
Htrendi:HabWATER	-0.0938	0.19458	-0.4822	0.6303
<b>Htrendi:MigL</b>	<b>0.59594</b>	<b>0.1844</b>	<b>3.23169</b>	<b>0.0015</b>
Htrendi:MigS	0.37751	0.19963	1.89103	0.0602
Htrendi:logN	0.00759	0.02017	0.37638	0.7071

Mallissa 13 pesimäaineiston trendiä selittivät merkitsevästi muuttoaineiston trendi, suo- ja tunturiympäristön lajit, sekä muuttoaineiston trendin ja pitkänmatkan muuttokäyttämisen yhdysvaikutus (Taulukko 2). Muuttoaineiston kannanmuutostrendin (Htrendi) tilastollisesti merkitsevä kulmakerroin oli positiivinen (Taulukko 2, Kuva 4). Se osoitti, että pesimäaineisto ja muuttoaineisto olivat positiivisesti korreloituneita. Eli molempien aineistojen tulokset seurasivat samoja trendejä, eivät päinvastaisia. Kulmakerroin oli myös suhteellisen suuri, viitaten vahvaan positiiviseen yhteyteen aineistojen välillä.

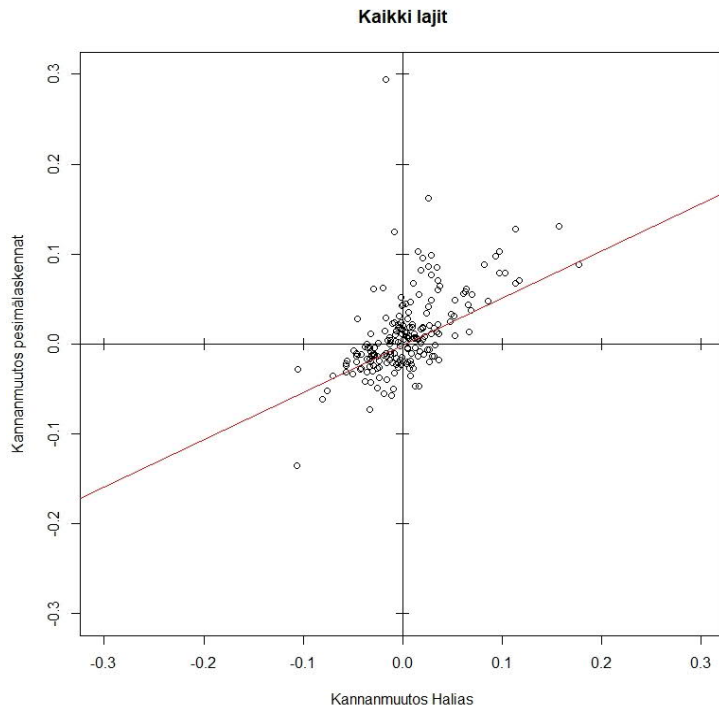
Elinympäristön luokalla suo- ja tunturielinympäristöjen lajit (HabMM) p-arvo oli merkitsevä. Koska HabMM kulmakerroin oli negatiivinen, tämä osoitti, että pesimäaineiston mukaan suo- ja tunturielinympäristöjen lajien kannat ovat vähentyneet suhteessa vertailuryhmään, eli metsälajeihin.

Muuttoaineiston ja eri elinympäristöjen yhdysvaikutuksilla ei ollut merkitseviä tuloksia, eli lajien elinympäristöt eivät näyttäneet vaikuttavan aineistojen vertailukelpoisuuteen.

Muuttoaineiston havaintomäärät (LogN) olivat merkitsevästi negatiivisesti yhteydessä pesimäaikaisiin kannankehityksiin. Negatiivinen kulmakerroin osoitti, että muuttoaineistossa runsaslukuiset lajit olivat pesimäaineiston mukaan vähentyneet enemmän kuin muuttoaineiston harvalukuiset lajit. Kulmakerroin oli kuitenkin hyvin pieni ja siten muuttujan selittävä vaikutus jäi pieneksi.

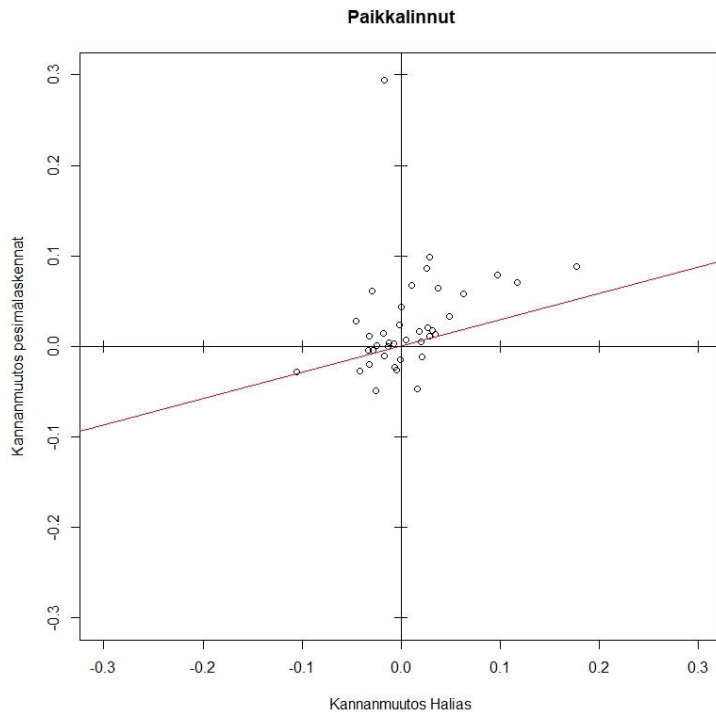
Sen sijaan, muuttoaineiston ja sen havaintomäärien interaktio (Htrendi:logN) ei ollut merkitsevä. Tulos viittasi siihen, että muuttoaineiston koko ei selittänyt, miten hyvin muutto- ja pesimäaineiston kannankehitykset olivat yhteneviä. Yhteys oli yhtä voimakas runsailla ja harvinaisilla lajeilla.

Muuttokäytöksen kaukomuuttaja-luokka ja muuttoaineiston kannankehityksen interaktio (Htrendi:MigL) oli merkitsevästi yhteydessä pesimäaineiston kannankehitykseen. Tästä voitiin olettaa, että eri kannankehitysaineistot vastasivat toisiaan kaukomuuttajien osalta paremmin kuin vertailuluokalla paikkalinnuilla (Kuva 5). Lähimuuttaja-luokan ja muuttoaineiston (Htrendi:MigS) interaktio oli lisäksi suuntaa-antavasti merkitsevä (0.0602). Positiivinen kulmakerroin kaukomuuttajien tapaan viittasi, että myös lähimuuttajilla aineistot olivat paremmin yhteydessä kuin vertailuluokalla paikkalinnuilla (Kuva 5). Nämä tulokset osoittivat, että muuttokäytöksellä oli vaikutusta aineistojen vertautuvuuteen.

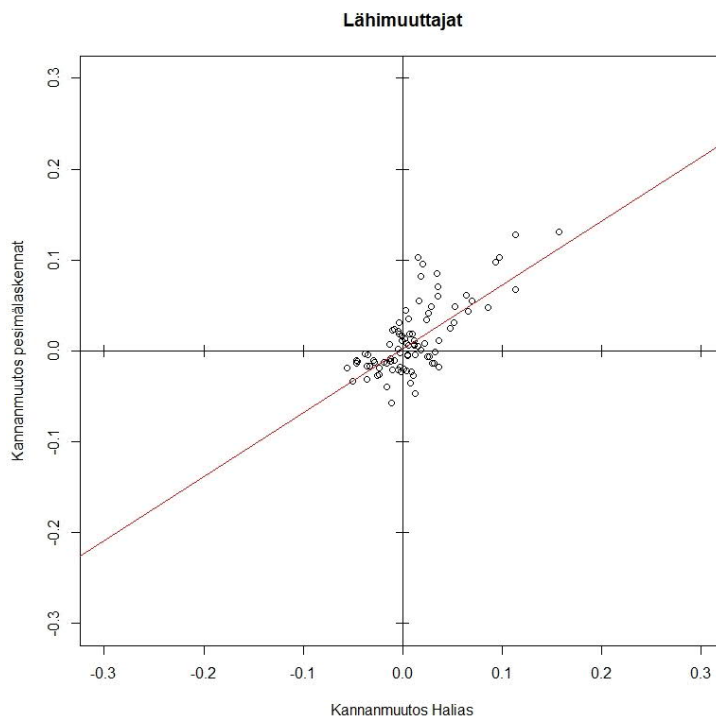


*Kuva 4: Lajien pesimäaineistosta lasketut kannanmuutoskertoimet suhteessa vastaavien lajien muuttoaineistosta laskettuihin kannanmuutoskertoimiin. Muuttoaineiston selitysaste ( $R^2$ ) on 0.35.*

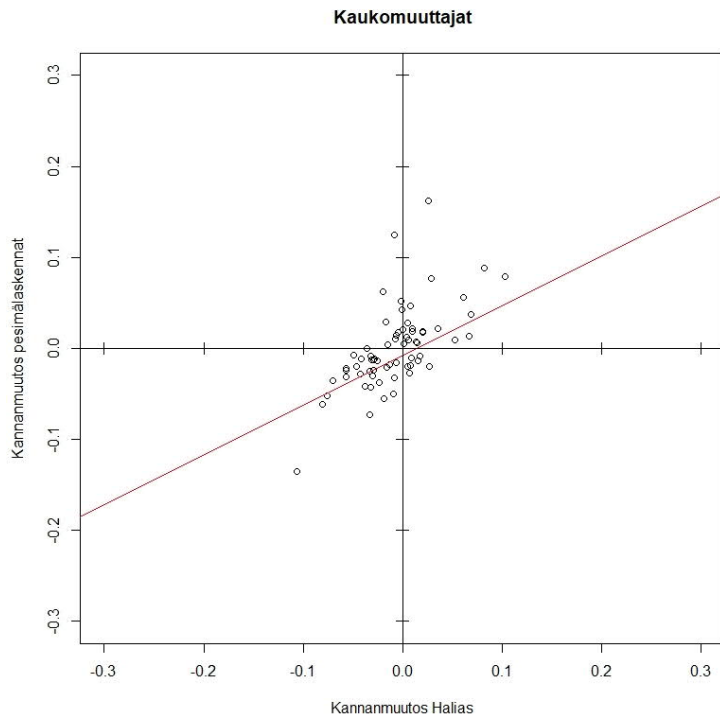
Kuva 4 vertaili pesimäaineiston ja muuttoaineiston vertautuvuutta kannanmuutosindeksien perusteella.  $R^2$ -arvo kuvasti muuttujan selitysasteta. Mitä lähempänä  $R^2=1$ , sen enemmän aineisto selitti vaihtelua.  $R^2$ -arvo heijastui myös regressiolinjan kulmassa. Kuva 4 ja sen  $R^2$ -arvo (0.35) osoittivat selkeästi, että pesimäaineisto ja muuttoaineisto antoivat samankaltaisia tuloksia lajien kannankehityksistä.  $R^2$ -arvo osoitti, että aineisto selitti 35% vaihtelusta. Tämä on huomattavan korkea selitysaste ekologisessa aineistossa.



*Kuva 5: Paikkalintujen pesimäaineistosta lasketut kannanmuutoskertoimet suhteessa vastaavien lajien muuttoaineistosta laskettuihin kannanmuutoskertoimiin. Muuttoaineiston selitysaste ( $R^2$ ) on 0.12.*



*Kuva 6: Lähimuuttajien pesimäaineistosta lasketut kannanmuutoskertoimet suhteessa vastaavien lajien muuttoaineistosta laskettuihin kannanmuutoskertoimiin. Muuttoaineiston selitysaste ( $R^2$ ) on 0.52.*



Kuva 7: Kaukomuuttajien pesimäaineistosta lasketut kannanmuutuskertoimet suhteessa vastaavien lajien muuttoaineistosta laskettuihin kannanmuutuskertoimiin. Muuttoaineiston selitysaste ( $R^2$ ) on 0.42.

Kaikilla muuttokäytöksen luokilla aineistot vertautuivat positiivisesti toisiinsa (Kuva 5, Kuva 6, Kuva 7). Aineiston selittävyys oli vain 12% paikkalintujen suhteen. Se oli selkeästi matalampi muihin muuttokäytöksen luokkiin verrattuna. Lähimuuttajien vertautuvuus oli korkein (Kuva 6). Yleistetyn lineaarisen mallin 13 mukaan kaukomuuttajat olisivat tarjonneet korkeinta selittävyyttä (Taulukko 2). Kuitenkin, molemmat aineistot tarjosivat samansuuntaisia kannanmuutostuloksia lajeista, riippumatta muuttokäytöksestä.

## 4. Tulosten tarkastelu

Saamieni tulosten perusteella molemmat linnustonseurantamenetelmät antavat hyvin samansuuntaisia tuloksia lintupopulaatioiden kannankehityksistä. Tämä tukee ensimmäisen tutkimuskysymyksen hypoteesia, että Haliaksen muuttolintuaineistosta saatavat kannanmuutostiedot ovat positiivisesti yhteydessä valtakunnallisten pesimäaineiston pohjalta tehtyjen kannanmuutostietojen kanssa. Tulokset ovat linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa,

jotka ovat osoittaneet eri seurantamenetelmien antavan samansuuntaisia tuloksia lintujen populaatiotrendeistä (Karlsson ym., 2005; Svensson, 1977).

Tulokseni eivät tue toisen tutkimuskysymyksen hypoteesia, että lajien ruumiinkoko vaikuttaisi pesimä- ja muuttoaineistojen vertailukelpoisuuteen. Ruumiinkoko osoittautui epäinformatiiviseksi muuttujaksi, eikä sisältynyt selittävimpään malliin. Ruumiinkoko ei vaikuta aineistojen vertautuvuuteen. Tämän perusteella toisen tutkimuskysymyksen hypoteesi hylätään. Pienikokoisten lajien havaittavuus ja toisaalta lyhytikäisyys ei näytä lisäävän merkittävästi aineiston satunnaisvaihtelua suhteessa isokokoisiin lajeihin. Oletettavasti molemmat seurantamenetelmät tuottavat samansuuntaisia havaintoja kannanmuutoksista erikokoisille lajeille.

Toisin kuin ruumiinkoolla, lajien muuttokäytöksellä oli vaikutusta eri aineistoista saatujen kannanmuutosten samansuuntaisuuteen. Aineistot olivat erittäin samansuuntaisia lähi- ja kaukomuuttajien suhteen, mutta vain heikosti samansuuntaisia paikkalintujen kohdalla. Tulokset siis tukevat kolmatta tutkimushypoteesiäni: aineistot ovat vertailukelpoisempia muuttolinnuilla verrattuna paikkalintuihin. Tämä voi selittyä tutkimusmenetelmien eroista. Pesimälaskennoissa kuljetaan koko Suomen alueella, jolloin paikkalintuja tulee havaittua laajalti. Muuttolaskennoissa taas seurataan nimen mukaisesti muuttavia lintuja. Paikkalinnut eivät välttämättä eksy kovin säännöllisesti Haliaksen seurantapisteen läheisyyteen niiden erilaisen käytöksen vuoksi. Lisäksi Haliaksella havaitut paikkalinnut koskevat todennäköisesti vain lähialueella pesiviä yksilöitä. On myös mahdollista, että Haliakselta kerättyyn aineistoon muodostuu satunnaiskohinaa, koska paikkalintujen muuttomäärät ovat ailahtelevia. Lisäksi paikkalinnut vaeltelevat ja osittaismuuttavat ravinnon perässä ja pakkautuvat niemenkärkiin, kuten Haliaksen lähistölle, vesistöjen ylitystä välttäänsä (Newton, 1998; Solonen ym., 2010). Haliaksen havainnot kertonevatkin enemmän paikkalintujen paikallisesta kannanmuutoksesta, kun taas pesimälaskennat kertovat koko valtakunnallisen tilanteen. Näistä syistä Haliaksella havainnointi ei välttämättä tarjoa kovin edustavia tuloksia paikkalintujen laaja-alaisista kannanmuutoksista.

En löytänyt analyysissäni tukea, että lajien elinympäristön valinta vaikuttaisi muuttoaineiston ja pesimäaineiston yhtenevyyteen. Toisin sanottuna eri elinympäristöjä suosivien lajien kannanmuutostrendit ovat samansuuntaisia molemmissa aineistoissa. Tämän perusteella hylkäsin neljännen tutkimuskysymyksen hypoteesin. Vaikka Haliaksen ympäristössä on voinut tapahtua elinympäristöjen muutoksia, se ei ole kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi lajien havaintomääriin verrattuna pesimäaineistoon (Lehikoinen ym., 2006).

En löytänyt myöskään tukea viimeisen tutkimuskysymykseni hypoteesille, että lajikohtainen muuttoaineiston koko olisi vaikuttanut aineistojen vertailukelpoisuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että muuttoaineisto antoi samansuuntaisia tuloksia sekä runsaille että harvinaisille lajeille. On kuitenkin syytä huomioida, että pesimäaineiston trendi oli negatiivisempi lajeilla, joilla muuttoaineisto oli suuri verrattuna lajeihin, joiden muuttoaineisto oli pieni. Tämä viittaa yleisten lajien nopeampaan vähenemiseen harvinaisiin lajeihin verrattuna.

Kootusti molemmat linnustonseurantamenetelmät tuottavat hyvin toisiaan vastaavia kannanmuutostietoja. Ruumiinkoko, lajin suosima elinympäristö, tai lajikohtainen aineiston koko eivät vaikuta merkittävästi aineistojen vertailtavuuteen. Ainoastaan paikkalinnuilla aineistojen vertailtavuus on madaltunut, vaikka silloinkin vastaavuus on kohtalaista. Olisi hyödyllistä selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat paikkalintujen heikompaan verrattavuuteen. Haliaksen muuttoaineistoa voisi verrata paikkalintujen osalta Hankoniemen tai läntisen Uudenmaan alueen paikalliseen pesimälintuaineistoon. Näin selviäisi, vastaavatko muuttoaineiston tulokset paikkalintujen paikallisia kannanmuutostrendejä. Kokonaisuudessaan pesimä- ja muuttoaineistoa voidaan käyttää täydentämään toisiaan ja siten tuottaa luotettavampia tuloksia lintupopulaatioiden tilasta.

#### **4.1. Linnustonseuranta-aineistojen hyödyntäminen**

Mihin laadukkaita linnustonseuranta-aineistoja voidaan käyttää? Tietysti on jo itsessään mielenkiintoista saada tietoa lintulajien kannanmuutoksista ja niiden muutoksista. Pitkäaikaisilla aineistoilla voidaan lisäksi tukea muita ekologisia tutkimuksia. Tämä pohjautuu siihen, että linnut ovat hyviä indikaattoreita. Tietysti indikaattorilajien elintapojen ja ekolokeroiden tarkka tuntemus on erittäin olennaisia. Lisäksi on syytä selvittää, mitkä muut tekijät, kuin pesimä- ja talvehtimiselinympäristöjen ja muutonaikaisten levähdysalueiden muutokset voivat vaikuttaa lajin kannankokoon. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi lajia saalistavien petojen kannanmuutokset, tai ihmisvaikutukset, kuten elinympäristömuutokset, ympäristömyrkyt ja saasteet sekä metsästys (Newton, 1998). Näin kartoitetaan tarkemmin, mitä indikaattorilajin kannanmuutokset todennäköisimmin kuvastavat.

Lintulajien käyttö indikaattoreina antaa lisää tietoa eri elinympäristöjen tilan muutoksista (Gregory ym., 2005). Lintujen kuvaavuutta elinympäristöjen tilasta on hyödynnetty jopa globaalissa mittakaavassa. BirdLife Internationalin (2020) julkaisema raportti maailman lintujen tilasta osoittaa, että biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen (CBD) osapuolten vuonna 2010 asettamat biodiversiteettitavoitteet ovat suurimmaksi osaksi jääneet saavuttamatta. Raportti myös

esittelee lintututkimuksen osoittamia positiivisia vaikutuksia. Joidenkin lintupopulaatioiden lasku on saatu hidastumaan, tai kääntymään nousuun ja lintulajien sukupuuttoaste on laskenut ainakin 40% (BirdLife International, 2020).

Tulosteni mukaan suo- ja tunturielinympäristöjen lajien kannat ovat voimakkaammin taantuvia, kuin metsäelinympäristöjen lajit. Tästä voisi päätellä, että Suomen suo- ja tunturielinympäristöjen laajuus on supistunut sekä laatu on heikentynyt nopeammin kuin metsäelinympäristöissä. Tilanne vaikuttaa kuitenkin olevan päinvastoin elinympäristöjen osalta. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) vuoden 2008 Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvion mukaan suo- ja metsäelinympäristöt ovat uhanalaistuneet voimakkaammin verrattuna tunturielinympäristöön (Raunio, Schulman & Kontula, 2008). Sittenmin SYKE on tuottanut uudemman arvion vuonna 2018, jonka mukaan metsäelinympäristöt ovat uhanalaistuneet enemmän, kuin suo- ja tunturielinympäristöt (Kontula & Raunio, 2018). Molemmat SYKE:n arviot tarkastelevat elinympäristöjen uhanalaistumista noin viimeisen 50 vuoden aikajaksolta. Skaala vastaa läheisesti aineistoni lintukantojen muutosten viimeisen 30–40 vuoden aikaskaalaa. Koska käyttämäni pesimäaineisto kattaa lintujen kannanmuutostrendit vuoteen 2012 asti, SYKE:n vuoden 2008 arvio vertautuu paremmin aineistoni trendeihin. Joka tapauksessa metsä-, suo- ja tunturilajien kannanmuutostrendit ovat ristiriidassa luontotyyppien uhanalaistumisesta tehtyihin arvioihin. Uhanalaiset metsäluontotyytit ovat pienialaisia ja kattavat vain pienen osan Suomen metsistä verrattuna talousmetsiin. Pienialaisten metsäluontotyyppien uhanalaistuminen ei välttämättä näy selkeästi koko maan linnustossa. Onkin olennaista tietää, miten talousmetsät vaikuttavat linnustoon. On myös mahdollista, että muutokset talvehtimisalueilla selittävät paremmin kyseisten lintulajien kannanmuutostrendejä, kuin muutokset Suomen pesimäympäristöissä (Laaksonen & Lehikoinen, 2013). Voi myös olla, että suo- ja tunturilajit ovat herkempiä elinympäristöjensä muutoksille kuin metsälajit.

Molemmat SYKE:n arviot viittaavat yleiseen elinympäristöjen uhanalaistumiseen (Raunio ym., 2008; Kontula & Raunio, 2018). Samoin Suomen lintukantojen laskusuuntaisuus on yleinen ilmiö (Laaksonen & Lehikoinen, 2013). Joten molemmat tulokset viittaavat yleiseen luonnon monimuotoisuuden köyhtymiseen. Tuloksissani runsaslukuiset lajit olivat voimakkaammin taantuvia suhteessa harvalukuisiin lajeihin. Harvalukuisten lajien taantuminen todennäköisesti kuvastaa enemmän kyseisten lajien suosimien elinympäristöjen heikentymistä. Runsaslukuisten lajien voimakkaampi taantuminen viittaa laajamittaisempaan elinympäristöjen katoon ja laadun heikentymiseen sekä monimuotoisuuden laskuun (Inger ym., 2014).



On huomattavaa, että linnustonseuranta on ensisijaisen tärkeää elinympäristöjen ja monimuotoisuuden tilan seurannassa. Tämä korostuu erityisesti nykypäivänä, kun elinympäristöjen taantuminen on jatkuvaa. Linnustoseurantojen tulosten tarkkuuden ja laadun takaamisesta on siten syytä huolehtia. Tutkimustulokseni osoittivat selvästi, että Suomen pesimälinnuston seuranta ja Haliaksen muuttolinnuston seuranta tuottavat toisiaan vastaavia, laadukkaita tuloksia. Näiden seurantojen tulokset tuottavat siten osaltaan arvokasta tietoa Suomen ja Euroopan luonnon tilasta.

## **5. Kiitokset**

Haluan kiittää ohjaajaani Aleksi Lehikoista tuesta tutkimusaiheeni valinnassa ja menetelmien suunnittelussa. Suuri kiitos pitkäjänteisestä ohjaamisesta ja kullanarvoisesta neuvonnasta. Kiitän myös Jari Valkamaa tutkimusavustajaksi palkkaamisesta Luomuksen eläintieteen yksikön seurantatiimin. Muiden työtehtävien ohella luvallinen gradun edistäminen siivitti sen kirjoittamista. Kiitos Meri Ensiölle ja Taru Heikkiselle tutkielmani kommentoinnista. Kiitokset ystäville ja kotiväelle tuesta kirjoitusprosessin aikana.

## 6. Kirjallisuus

- Arnold, T. W. (2010). Uninformative parameters and model selection using Akaike's information criterion. *Journal of Wildlife Management*, 74(6), 1175-1178.
- BirdLife International. (2020). *Birds and biodiversity targets: what do birds tell us about progress to the Aichi Targets and requirements for the post-2020 biodiversity framework? A State of the World's Birds report*. Cambridge, Iso-Britannia: BirdLife International.
- Björklund, H. (23.4.2020). Vesilintulaskenta: Luomus. Haettu 1.12.2020 osoitteesta: <https://www.luomus.fi/fi/vesilintulaskenta>
- Björklund, H. M., Saurola, P. L., & Valkama, J. P. (2018). Kolea kevät koetteli petolintuja. *Linnut-vuosikirja, 2017*, 56-69.
- Blair, R. B. (1999). Birds and butterflies along an urban gradient: Surrogate taxa for assessing biodiversity? *Ecological Applications*, 9(1), 164-170.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods Research*, 2004(33), 261.
- Butchart, S. H., Wallpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., ym. (2010). Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164-1168.
- Cramp, S., Simmons, K. E., & Perrins, C. M. (1977–1994). *Handbook of the birds of Europe, Middle East and North America: Birds of the Western Palaearctic* (Osat/vuosik. 1-9). Cambridge, Iso-Britannia: Oxford University Press.
- Euroopan ympäristökeskus [EEA]. (2011). Landscape fragmentation in Europe. *Joint EEA-FOEN report*, 2(2011).
- Euroopan ympäristökeskus [EEA]. (2018). Article 12 web tool. European Environment Information and Observation Network [Eionet]. Haettu 1.12.2020 osoitteesta: <https://nature-art12.eionet.europa.eu/article12/>
- Euroopan ympäristökeskus [EEA]. (2020). State of nature in the EU - Results from reporting under the nature directives 2013-2018. *EEA Report*, 10(2020).
- Fahrig, L. (1997). Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *The Journal of Wildlife Management*, 61(3), 603-610.

- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515.
- Fraixedas, S., Lindén, A., Meller, K., Lindström, Å., Keiřs, O., Kålås, J. A., ym. (2017). Substantial decline of Northern European peatland bird populations: Consequences of drainage. *Biological Conservation*, 214, 223-232.
- Freeworldmaps. (2020). Free printable maps of Scandinavia: Freeworldmaps. Freeworldmaps. Haettu 1.12.2020 osoitteesta: <http://www.freeworldmaps.net/printable/scandinavia.html>
- Green, A. J. & Elmberg, J. (2013). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, 89(1), 105-122.
- Gregory, R. D., van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A. W., Noble, D. G., Foppen, R. P., ym. (2005). Developing indicators for European birds. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 360(1454), 269-288.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ym. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2).
- Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys [Tringa ry]. (2020). Hangan lintuaseman aineisto: päiväsummat (versio 1.4). Hangan lintuasema. Haettu 1.12.2020 osoitteesta: [www.halias.fi/pitkaaikaissaineisto](http://www.halias.fi/pitkaaikaissaineisto)
- Inger, R., Gregory, R., Duffy, J. P., Stott, I., Vořířek, P., & Gaston, K. J. (2014). Common European birds are declining rapidly while less abundant species' numbers are rising. *Ecology Letters*, 18(1), 1-9.
- Janssen, J. A., Rodwell, J. S., García Criado, M., Gubbay, S., Haynes, T., Nieto, A., ym. (2016). *European red list of habitats*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Jetz, W., Thomas, G., Joy, J., Hartmann, K., & Mooers, A. (2012). The global diversity of birds in space and time. *Nature*, 491, 444-448.
- Kanerva, A.-M., Hokkanen, T., Lehtikoinen, A., Norrdahl, K., & Suhonen, J. (2020). The impact of tree crops and temperature on the timing of frugivorous bird migration. *Oecologia*, 193(4), 1021-1026.

- Karlsson, L., Ehnbohm, S., & Walinder, G. (2005). A comparison between ringing totals at Falsterbo, SW Sweden, ringing totals at Ottenby, SE Sweden, and point counts from the Swedish Breeding Bird Census during 20 years (1980-1999). *Ornis Svecica*, 15, 183-205.
- Kontula, T., & Raunio, A. (2018). *Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018.* Helsinki, Suomi: Suomen ympäristökeskus ja ympäristöministeriö.
- Laaksonen, T. & Lehtikoinen, A. (2013). Population trends in boreal birds: Continuing declines in agricultural, northern, and long-distance migrant species. *Biological Conservation*, 168, 99-107.
- Lehtikoinen, A. (2019). Long-term monitoring at the Hanko Bird Observatory. *Bird Census News*, 2019, 38–44.
- Lehtikoinen, A. (17.6.2020). *Maalintujen pistelaskentaohjeet. Luonnontieteellinen keskusmuseo.* Luomus-luonnontieteellinen keskusmuseo. Haettu 15.11.2020 osoitteesta: <https://www.luomus.fi/fi/pistelaskenta-ohjeet>
- Lehtikoinen, A. (ei pvm). *Aseman esittely. Hangon lintuasema (Halias).* Tringa-Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys. Haettu 15.11.2020 osoitteesta: <https://www.tringa.fi/halias-esittely/>
- Lehtikoinen, A. & Vähätalo, A. (2000). Lintujen muuton ajoittuminen Hangon lintuasemalla vuosina 1979–1999. *Tringa*, 27, 150–226.
- Lehtikoinen, A., Lindén, A., Ekroos, J., Vähätalo, A., & Välimäki, K. (2006). Lintuasemat – uusi lintukantojen seurantamenetelmä Suomessa. *Linnut-vuosikirja*, 2005, 137-144.
- Lehtikoinen, A., Pöysä, H., Rintala, J., & Väisänen, R. A. (2013). Suomen sisävesien vesilintujen kannanvaihtelut 1986-2012. *Linnut-vuosikirja*, 2012, 94-101.
- Lindstedt, S. L. & Calder, W. A. (1976). Body size and longevity in birds. *The Condor*, 78(1), 91-94.
- Luonnontieteellinen keskusmuseo [Luomus]. (12.4.2018). *Vesilintujen laskentaohjeet. Luonnontieteellinen keskusmuseo.* Luomus-Luonnontieteellinen keskusmuseo. Haettu 15.11.2020 osoitteesta: <https://www.luomus.fi/fi/vesilintujen-laskentaohjeet>

- Luonnonvarakeskus [Luke]. (2016). *Vesilintujen poikuelaskentaohjeet: Luonnonvarakeskus*. Luke  
Luonnonvarakeskus. Haettu 6.12.2020 osoitteesta: <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/riista/vesilinnut/vesilintujen-poikuelaskentaohjeet/>
- Mace, G. M., Barrett, M., Burgess, N. D., Cornell, S. E., Freeman, R., Grooten, M., ym. (2018). Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability*, 1, 448-451.
- Newton, I. (1998). *Population limitation in birds*. Cambridgeshire, Iso-Britannia: Academic Press.
- Pereira, H. M. & Cooper, D. H. (2006). Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(3), 123-129.
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. (Versio 3.5.1) [Tietokoneohjelma]. Vienna, Itävalta: R Foundation for Statistical Computing. Noudettu osoitteesta <https://www.R-project.org/>
- Raunio, A., Schulman, A., & Kontula, T. (2008). *Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osat 1 ja 2. Suomen ympäristö, 8/2008*. Helsinki, Suomi: Suomen ympäristökeskus.
- Rybicki, J. & Hanski, I. (2013). Species–area relationships and extinctions caused by habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters*, 16(s1), 27-38.
- Saurola, P., Valkama, J., & Velmala, W. (2013). *Suomen rengastusatlas. Osa I*. Helsinki, Suomi: Luonnontieteellinen keskusmuseo.
- Sirkiä, P. (6.6.2018). *Pesimälintujen linjalaskentaohjeet. Luonnontieteellinen keskusmuseo*. Luomus-luonnontieteellinen keskusmuseo. Haettu 15.11.2020 osoitteesta: <https://www.luomus.fi/fi/linjalaskenta-ohjeet>
- Solonen, T., Lehtikoinen, A., & Lammi, E. (2010). *Uudenmaan linnusto*. Helsinki, Suomi: Helsingin Seudun Lintutieteellinen Yhdistys Tringa.
- Svensson, S. E. (1977). Efficiency of two methods for monitoring bird population levels: Breeding bird censuses contra counts of migrating birds. *Oikos*, 30(2), 373-386.
- Tylianakis, J. M., Didham, R. K., Bascompte, J., & Wardle, D. A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(12), 1351-1363.
- Valkama, J., Saurola, P., Lehtikoinen, A., Lehtikoinen, E., Piha, M. V., Sola, P., ym. (2014). *Suomen rengastusatlas. Osa II*. Helsinki, Suomi: Luonnontieteellinen keskusmuseo.

- Väisänen, R. A. & Lehikoinen, A. (2013). Suomen maalinnuston pesimäkannan vaihtelut vuosina 1975-2012. *Linnut-vuosikirja, 2012*, 62-81.
- Väisänen, R., Lammi, E., & Koskimies, P. (1998). *Muuttuva pesimälinnusto*. Helsinki, Suomi: Otava.
- Väisänen, R., Lehikoinen, A., & Sirkiä, P. (2018). Suomen pesivän maalinnuston kannanvaihtelut 1975-2017. *Linnut-vuosikirja, 2017*, 16-31.
- Wallenius, T., Niskanen, L., Virtanen, T., Hottola, J., Brumelis, G., Angervuori, A., ym. (2010). Loss of habitats, naturalness and species diversity in Eurasian forest landscapes. *Ecological Indicators, 10*(6), 1093-1101.
- Yhdistyneet kansakunnat [YK]. (1992). *Convention on biological diversity*. Rio de Janeiro: United Nations.